

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭64-1437

⑮ Int.Cl.<sup>4</sup>  
H 02 K 1/32識別記号 庁内整理番号  
6340-5H

⑬ 公開 昭和64年(1989)1月5日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑭ 発明の名称 回転電機の回転子

⑯ 特 願 昭62-154384

⑰ 出 願 昭62(1987)6月23日

⑱ 発 明 者 佐 野 貴 彦 茨城県日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内  
⑱ 発 明 者 渡 辺 孝 茨城県日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内  
⑱ 発 明 者 桧 山 太 茨城県日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内  
⑱ 発 明 者 大 井 征 雄 茨城県日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内  
⑲ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地  
⑳ 代 理 人 弁理士 高橋 明夫 外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

回転電機の回転子

## 2. 特許請求の範囲

1. ボールの両側の周方向に所定間隔を介してサブスロットを有するスロットとベントスロットとが配設され、前記スロットには導体が埋込まれ、前記ベントスロットには冷却媒体が流通される回転電機の回転子において、前記ボールの中心から前記回転子の回転方向に対して遅れ側で、かつボール中心部側のスロット内の導体に通風孔を設け、この通風孔に前記冷却媒体を流通するようにしたことを特徴とする回転電機の回転子。

## 3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は回転電機の回転子に関するものである。

〔従来の技術〕

従来の回転電機例えばタービン発電機の回転子は、導体を埋込んだスロット間の中央部に回転子

の冷却用媒体を通すベントスロットを設け、このベントスロットに冷却用媒体を通してスロットに埋込んだ導体を冷却する、所謂間接冷却方式で冷却されていた。なおこれに関するものとして例えば米国特許第2661434号公報がある。

〔発明が解決しようとする問題点〕

上記従来技術で間接冷却方式を採用しているタービン発電機で遅れ力率で負荷をとって運転した場合の温度上昇について配慮がされておらず、回転方向に対して遅れ側のスロット付近の温度が大きくなり、回転子の温度上昇が不均一になっていた。

本発明は以上の点に鑑みなされたものであり、温度上昇を均一化することを可能とした回転電機の回転子を提供することを目的とするものである。

〔問題点を解決するための手段〕

上記目的は、ボールの中心から回転子の回転方向に対して遅れ側で、かつボール中心部側のスロット内の導体に通風孔を設け、この通風孔に冷却媒体を流通することにより、達成される。

## 〔作用〕

このようにボールの中心から回転子の回転方向に対して遅れ側で、かつボール中心部側のスロット内の導体に通風孔を設け、この通風孔に冷却媒体を流通することにより、ボールの中心から回転子の回転方向の遅れ側で、かつボール中心部側のスロット付近の温度上昇が低減するようになつて、回転子の温度上昇を均一化することができるようになるが、それを次に説明する。

従来の冷却の考え方は主な熱発生源が回転子の導体のみにあることを前提とし、冷却対象物は回転子の導体のみにある考え方であつた。従つて従来の冷却構造は導体のいかなる位置に対しても均一な冷却容量であり、各スロットに対してすべて同一構造である。

今回、上記導体からの熱発生以外に回転子表面からの熱発生現象があることに注目し、この熱発生量を全周に対して定量的に把握した結果、位置によつて熱発生量が異なることが判明した。

この回転子表面からの熱発生原因の一つとして

力率で運転されている場合の交流磁束の状態を調べるために回転子、固定子双方の形状データを考慮に入れ、有限要素法(FEM)によつて解析した。第4図はある時点の磁束線の様子を解析した回転電機断面図である。同図から明らかなように偏磁作用が現われているが、これは直流成分であり熱発生の原因とは考えられない。そこで回転子と固定子との相対的位置を徐々に変化させ、回転子表面の磁束密度の最大値 $B_{max}$ と最小値 $B_{min}$ とを求め、その差 $\Delta B$ (第3図参照)を回転子表面のあらゆる点を算出した。第5図は横軸に回転子表面の位置をとり、縦軸に $\Delta B$ をとつて、上記算出値をプロットした結果である。同図から明らかなように遅れ力率発電機の場合、特に#1、#2スロット付近の回転子のテイス部の $\Delta B$ が大きく、従つてこの付近での熱発生量が交流磁束による最大値となる。

ところで間接冷却構造では回転子のテイス部の発生熱および回転子の導体を流れる電流による回転子の導体の発生熱の双方を、回転子のテイス

回転子のテイス部を通過する交流磁束が考えられる。これは直線状に展開した回転子、固定子断面の回転子の各位置での磁束密度が示されている第3図に示されているように、回転子はサブスロット(図示せず)を有するスロット1、ベントスロット2があり、固定子にはスロット3が設けられている。回転子はこれらスロット1およびベントスロット2を備えた#1、#2、#3…#12スロットがボール4の中心から回転方向に対して遅れ側に順に#1、#2、…#12スロットと配置されている。なお同図で5は回転子のテイス部であり、6は固定子のテイス部である。このように回転子はスロット1、2、固定子スロット3があり、回転子が回転することにより回転子、固定子双方のスロットの相対的位置が変化し、それに伴い回転子のテイス部5を通過する磁束が変化する、所謂交流磁束が発生する。この交流磁束により回転子のテイス部5にうず電流損が発生し、熱が発生することになる。

従来の間接冷却方式を採用した回転電機が遅れ

ス部表面およびベントスロットから冷却媒体に放熱するわけであるが、この状態は回転子の導体の発生熱を $H_c$ 、回転子のテイス部表面での発生熱を $H_i$ 、とすると、回転子のテイス部表面およびベントスロットから放熱すべき熱量 $H_o$ は、

$$H_o = H_c + H_i \quad \dots (1)$$

で表され、 $H_o$ が大きい場所程温度上昇も高くなると考えられる。回転子の導体の発生熱量は、導体の断面積が一定であれば回転子の導体のどの位置においても $H_c$ は一定であると考えてよい、従つて $H_o$ の値、すなわち回転子表面の温度上昇は $H_i$ によつて決まる。上述のFEMの解析により#1、#2スロット付近で $H_i$ が最大となつているが、これは回転子の導体での発生熱量 $H_c$ の回転子のテイス部およびベントスロットからの放熱が他のスロットよりも劣ることを意味する。従つて温度上昇も#1、#2スロット付近が最大になると考えられる。

以上から従来の冷却方式の考え方では $H_c$ のみ考慮していたので、いかなる位置でも温度上昇は

同じであり、一定の冷却能力を持った同一の冷却構造を各スロットに設ければよいことになつていたが、このHcに位置によつて値の異なるH<sub>i</sub>が加算されることにより、回転子表面全周で温度上昇が不均一になつてることが判つた。実際に遅れ力率発電機を長期間運転して、回転子表面の塗料等の熱劣化の状況から温度上昇分布を推定すると、上述のFEMで解析した結果と同様、第6図にハッチングして示してあるように#1、#2スロット付近の温度上昇が高いことが立証された。そこで本発明ではボールの中心から回転子の回転方向に対して遅れ側で、かつボール中心部側のスロット内の導体に通風孔を設け、この通風孔に冷却媒体を流通するようにした。このようにすることにより温度上昇を均一化することを可能とした回転電機の回転子を得ることを可能としたものである。

#### 〔実施例〕

以下、図示した実施例に基づいて本発明を説明する。第1図および第2図には本発明の一実施例

子の回転方向に対して遅れ側に#1、#2、#3…#12スロットと配置されているが、この#1、#2、#3…#12スロットのうちボール中心部側の#1、#2スロット内の導体8に通風孔13を設けた。そしてこの通風孔13に冷却媒体を流通するようにした。このようにすることにより磁束密度の変化量が最も大きく、温度上昇の最も大きい回転方向に対して遅れ側の#1、#2スロット付近がよく冷却されて温度上昇が低減するようになり、回転子の温度上昇を均一にすることができ、信頼性が向上する。

#### 〔発明の効果〕

上述のように本発明は回転子の温度上昇が均一となつて、温度上昇を均一化することを可能とした回転電機の回転子を得ることができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の回転電機の回転子の一実施例の縦断側面図、第2図は第1図の点線枠内の拡大縦断側面図、第3図は直線状に展開した回転子、固定子断面のある時間での回転子表面の磁束密度

が示されている。なお従来と同じ部品には同じ符号を付したので説明を省略する。同図に示されているようにサブスロット1aを有するスロット1中にはターン絶縁7を介した回転子の導体8が収納され、導体8とスロット1との間はスロットフォーマー9で絶縁されている。これらの導体8はクリベージブロック10を介してウエッジ11で押えられており、ペントスロット2にはエアウエッジ12が設けられている。このように構成された回転子で本実施例ではボール4の中心から回転子の回転方向に対して遅れ側で、かつボール中心部側のスロット1内の導体8に通風孔13を設け、この通風孔13に冷却媒体を流通するようにした。このようにすることにより回転子の温度上昇が均一化するようになって、温度上昇を均一化することを可能とした回転電機の回転子を得ることができる。

すなわちサブスロット1aを有するスロット1およびペントスロット2を備えた#1、#2、#3…#12スロットがボール4の中心から回転

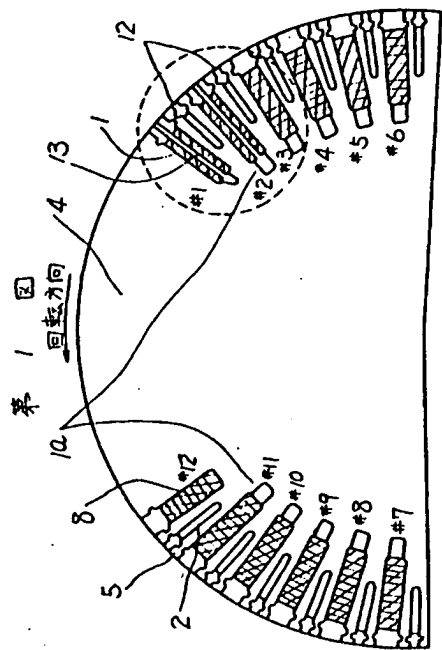
波形図、第4図はFEMのシミュレーションによる回転子を通過する磁束線を示す説明図、第5図は回転子表面の位置と磁束密度変化量との関係を示す特性図、第6図は回転子を平面化して温度上昇の高い部分を示す説明図である。

1…スロット、1a…サブスロット、2…ペントスロット、4…ボール、8…導体、13…通風孔。

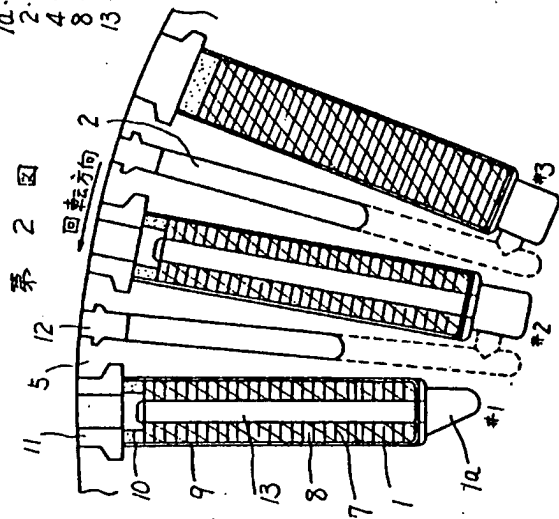
代理人 弁理士 高橋明夫

(ほか1名)

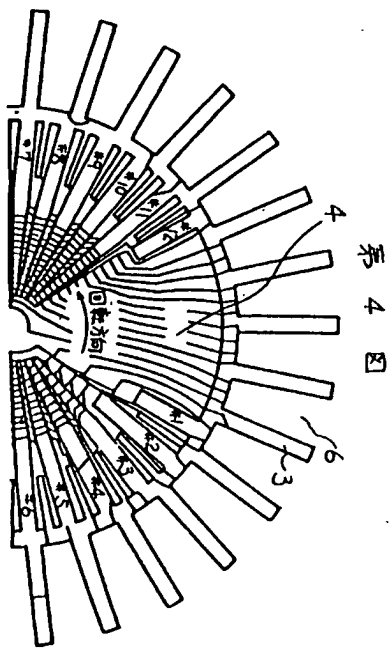




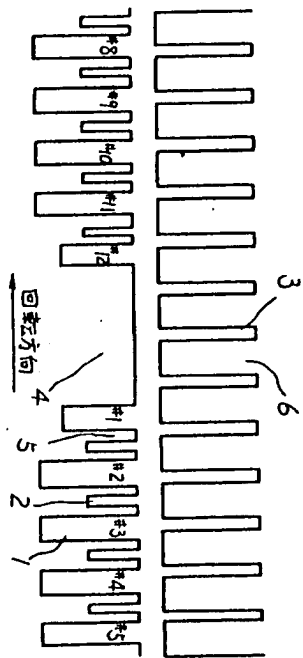
1... スロット  
10... サブスロット  
2... ベントスロット  
4... ポール  
8... 導体  
13... 通風孔



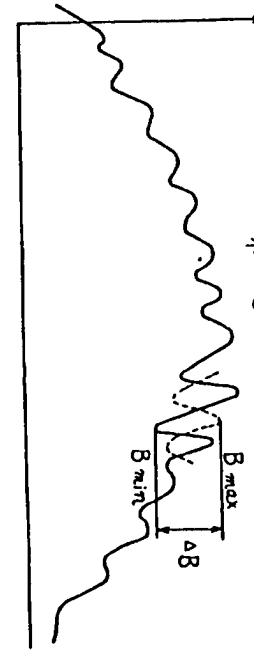
第 2 図



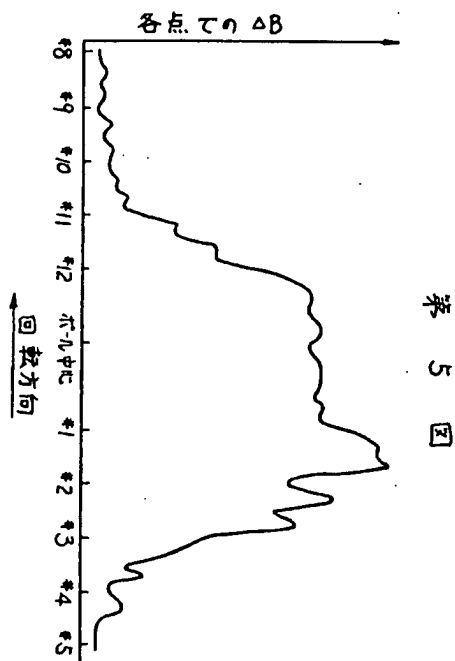
第 4 図



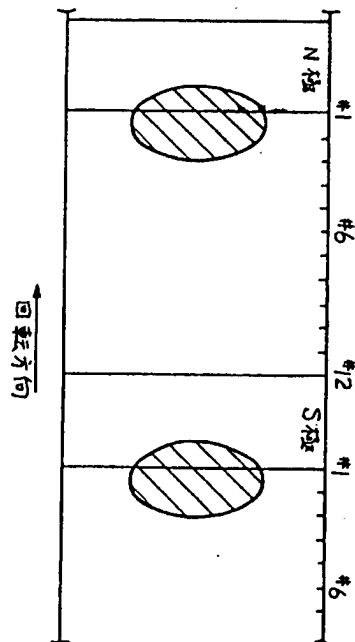
ある時間での各点の磁束密度



第 3 図



第 6 図



CLIPPEDIMAGE= JP364001437A

PAT-NO: JP364001437A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 64001437 A

TITLE: ROTOR OF ROTARY ELECTRIC MACHINE

PUBN-DATE: January 5, 1989

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

SANO, TAKAHIKO

WATANABE, TAKASHI

HIYAMA, FUTOSHI

OI, MASAO

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

HITACHI LTD

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP62154384

APPL-DATE: June 23, 1987

INT-CL (IPC): H02K001/32

US-CL-CURRENT: 310/261

ABSTRACT:

PURPOSE: To make the temperature rise of a rotor uniform by providing conductors in slots with ventilating holes and by causing a cooling medium to flow through said holes.

CONSTITUTION: Rotor conductors 8 via turn insulations 7 are housed in slots 1 having subslots 1a, and the conductors 8 and slots 1 are isolated from each other by slot armors 9. Said conductors 8 are held by wedges via creepage blocks and vent slots 2 are provided with air wedges 12. Conductors 8 in slots 1 on the delay side from the center of a pole 4 toward the direction of rotation of a rotor and on the pole center side are provided with ventilating holes 13 so that a cooling medium may pass through said holes. Thus, #1, #2

slots and vicinity on the delay side toward the direction of rotation, which are the largest in the variation of a magnetic flux density and in a temperature rise, are cooled and said temperature rise is decreased so that the temperature rise of said rotor can be made uniform and its reliability is improved.

COPYRIGHT: (C)1989,JPO&Japio